# आकाश नीला क्यों है

सी. वी. रामन

अनुवादक :
मधु बी. जोशी

विज्ञान प्रसार
नई दिल्ली - 110 016

प्रकाशक

**विज्ञान प्रसार**

सी-24, कुतुब इंस्टीट्यूशनल एरिया
नई दिल्ली-110 016
पंजीकृत कार्यालय : टेक्नोलॉजी भवन, नई दिल्ली-110 016
फोन : 26864022, 26864103, 26864157
फैक्स : 26965986
इंटरनेट : http://www.vigyanprasar.com
ई-मेल : vigyan@hub.nic.in



# आकाश नीला क्यों है

प्रो. सी.वी. रामन द्वारा 22 दिसम्बर 1968 को अहमदाबाद में समुदाय विज्ञान केन्द्र के भवन के शिलान्यास के अवसर पर दिए गए अंग्रेजी भाषण का हिन्दी अनुवाद।

अनुवादक : मधु बी. जोशी
संपादन : हरिकृष्ण देवसरे, सुबोध महंती
पृष्ठ योजना : सुभाष भट्ट

ISBN : 81-7480-111-1
**मूल्य : 5 रुपए**

**मुद्रक : नागरी प्रिंटर्स, शाहदरा, दिल्ली-32**

# आकाश नीला क्यों है

जब मुझसे (अपने) भाषण के लिए कोई वैज्ञानिक विषय चुनने को कहा गया तो मुझे यह विषय "आकाश नीला क्यों है" चुनने में कोई दिक्कत नहीं हुई। सौभाग्य से आज प्रकृति कृपालु है। मैं जब निगाहें ऊपर को उठाता हूं तो देखता हूं कि आकाश नीला है, सभी जगह तो नहीं, क्योंकि बादल बहुत हैं। मैंने यह विषय सिर्फ इसलिए चुना कि यह एक ऐसा उदाहरण है जिसे देखने के लिए आपको प्रयोगशाला में जाने की जरूरत नहीं है। बस आप आकाश की ओर देखिए। और मुझे लगता है कि यह वैज्ञानिक चेतना का भी एक उदाहरण है। आप अपनी आंखे–कान खुले रखकर, अपने चारों ओर की दुनिया को देखते हुए विज्ञान सीखते हैं। विज्ञान की असली प्रेरणा, कम से कम मुझे तो मूलतः प्रकृति–प्रेम से मिली है। सचमुच, इस दुनिया में जहां भी निगाह जाती है, प्रकृति में तमाम तरह के चमत्कार होते दिखाई देते हैं। मेरे लिए, जो भी मैं देखता हूं, वह अद्‌भुत है, एकदम अद्‌भुत है। और हम इस सब को देखकर सोच लेते हैं कि यह तो ऐसे ही होता है। लेकिन मैं मानता हूं कि वैज्ञानिक चेतना का तत्व इसमें निहित है कि हम पीछे देखें, भविष्य की ओर देखें और यह समझें कि जिस दुनिया में हम रहते हैं, वह कितनी अद्‌भुत है। और जो कुछ भी हम देखते हैं, वह हमारे लिए केवल उत्सुकता का विषय ही नहीं, बल्कि एक चुनौती भी है, एक ऐसी चुनौती जो मनुष्य की आत्मा को – अपने आसपास फैले इस विराट रहस्य को समझ पाने के लिए प्रेरित करती है।

विज्ञान लगातार मनुष्य की चेतना की इस चुनौती को पूरा करने का प्रयास करता है। और आज जो एक बड़ी समस्या है, जिसे डॉ. साराभाई ने स्वयं भी अनुभव किया है, वह यह है कि हम इस महान् चुनौती का सामना करने के लिए युवा पीढ़ी को आगे बढ़ने की प्रेरणा कैसे दें – क्योंकि तभी हम भारत को एक

बार पुनः विद्या, ज्ञान और उद्यम का महान् केन्द्र बना सकेंगे। हां, इस कार्य में मैं आप सबकी सफलता की कामना करता हूं। अब मैं अपने विषय की ओर फिर लौटता हूं कि आकाश नीला क्यों है?

मैंने यह प्रश्न इसलिए उठाया है क्योंकि यह आसान विषय है। मुझे बस निगाहें ऊपर उठाकर देखना है कि आकाश नीला है। लेकिन यह नीला क्यों है? मजेदार बात यह है कि अनौपचारिक ढंग से इस सवाल का जवाब देना आसान है। आप किसी वनस्पतिशास्त्री से पूछें कि पत्ते हरे क्यों होते हैं? तो वह बुदबुदाएगा "क्लोरोफिल"। बात खत्म ! आप देखें कि सभी वैज्ञानिक प्रश्नों को एक या दो शब्दों मात्र से निपटाया जा सकता है। आप इस तरह के उत्तर दे कर परीक्षा तो जरुर पास कर सकते हैं पर यह वास्तविक उत्तर नहीं है। जैसा कि मैंने पहले कहा, प्रकृति की वैज्ञानिक चुनौती है सोचना – सिर्फ खोजना ही नहीं बल्कि सोचना, लगातार सोचना और इस रहस्य को भेदने की कोशिश करना कि – आकाश नीला क्यों है? यह बड़ी रोचक समस्या है क्योंकि इसमें दो बातें हैं – आकाश वहां है, और मैं यहां हूं। मैं देखता हूं कि वह नीला है। इस समस्या में मनुष्य का मस्तिष्क और मन दोनों ही उलझे हुए हैं। मान लीजिए कि हम यह समस्या युवा लोगों के सामने रखते हैं। इसके बारे में कोई किताब मत पढ़िये, न ही अपने अध्यापकों से पूछिए। आइये बैठ कर इस का हल ढूंढने का प्रयास करें, कि आकाश नीला क्यों है? इसे यूं लीजिए जैसेकि यह कोई एकदम नई वैज्ञानिक समस्या है जिसे हल करने की किसी ने पहले कभी कोशिश नहीं की है। आप अगर बैठ कर इसके बारे में सोचें तो अपने आप से इस प्रश्न को पूछना एक उत्तेजक अनुभव होगा और तब देखिए कि आप इस प्रश्न का उत्तर क्यों स्वयं खोज पाते हैं। अब मैं इसी को आप के सामने दूसरी तरह से रखता हूं। किसी प्रश्न का उत्तर ढूंढने का सब से बढ़िया तरीका यह है कि एक और प्रश्न पूछो। रात को हम सब तारे देखते हैं। अच्छी खासी साफ रात में आप तारों को आकाश में टिमटिमाते पाते हैं। तारे दिन में क्यों नहीं दिखाई देते ? खुद से यह सवाल पूछिए। जाहिर है कि इसका कारण यह है कि पृथ्वी ने एक स्त्री की तरह खुद को चादर से ढक लिया है। वह चादर आकाश है, जिसे उसने हमारे चारों ओर फैला रखा है। हम तारों को दिन में इसलिए नहीं देख पाते क्योंकि चादर तारों को छिपा लेती है। और यह चादर क्या है? जाहिर है कि यह पृथ्वी का वायुमण्डल है। यह चादर जो रात को इतनी पारदर्शी होती है कि हम धुंधले से धुंधले तारों, और यहां तक कि आकाशगंगा को भी देख पाते हैं, दिन में अपारदर्शी हो जाती है। स्पष्ट है कि यह वातावरण ही चादर है और हम आकाश

को नीला सिर्फ इसलिए देखते हैं क्योंकि हमारे पास इन बादलों जैसी और मोटी चादरें नहीं हैं। उदाहरण के लिए उन बादलों को आप ऊंचे नीले आकाश में देख सकते हैं, तो जाहिर है कि आकाश सचमुच नीला दिखाई दे, इसके लिए जरूरी है कि और कुछ भी न हो, न बादल और शायद धूल भी नहीं। आकाश जितना ही साफ होगा, उतना ही ज्यादा नीला होगा। इसलिए आकाश हमेशा ही नीला नहीं रहता; कभी वह नीला होता है और कभी बिल्कुल भी नीला नहीं होता। और इस तरह आकाश पर निगाह डालने भर से ही हम वातावरण की स्थिति समझ जाते हैं।

अब एक बात और – जाहिर है कि आकाश और वातावरण सूर्य के प्रकाश से प्रकाशित हैं। सूर्य का प्रकाश वायु के जिस विराट स्तम्भ से होकर गुजरता है वह जाहिर है कि वातावरण ही है, जो रात को पारदर्शी और अदृश्य होता है, और प्रकाश यानी सूर्य के प्रकाश के वातावरण से गुजरने पर हमें दिखता है। अब आप खुद से एक और सवाल पूछें। मैं नहीं जानता कि आप में से किसी को पूर्णिमा की रात को साफ आकाश को देखने की उत्सुकता हुई या नहीं। आप जानते ही हैं कि चन्द्रमा का प्रकाश असल में चन्द्रमा पर गिर कर विसरित या प्रतिबिम्बित हुआ सूर्य का प्रकाश ही है। मैं नहीं जानता कि आप में से किसी ने पूर्णिमा की किसी साफ रात में आकाश को सचमुच देखा या नहीं। (आप देखें तो) आपको हैरत होगी कि आकाश नीला नहीं है। वह सफेद सा दिखता है, आप को सिर्फ कुछ प्रकाश दिखेगा, और पूर्णिमा के आकाश में भी कुछ तारे दिख जाएंगे, लेकिन आकाश नीला नहीं दिखेगा। ऐसा क्यों है कि सूर्य के प्रकाश में नीला दिखने वाला आकाश, चांदनी में नीला नहीं दिखता ? जाहिर है कि इसका जवाब यह है कि प्रदीप्ति में बहुत कम शक्ति होती है। पूर्णिमा के चांद और सूर्य के प्रकाश की तीव्रता के अनुपात की गणना करने के लिए आपको गणितज्ञ होने की जरुरत नहीं है। मैं कुछ युवा गणितज्ञों से कहता हूं कि वे बैठ कर यह हिसाब लगाएं – कि चांद कितना बड़ा है? चांदनी की द्युति क्या होनी चाहिए? यह एक छोटी सी खगोलीय समस्या है। मोटा–मोटा गणित आपको बता देगा कि चांदनी की द्युति, सूर्य के प्रकाश की तुलना में करीब पांच लाखवां हिस्सा मात्र ही है। आप सोचेंगे कि यह तो बहुत ही कम है। लेकिन भले ही चांदनी सूर्य के प्रकाश से एक बटा पांच लाख गुणा ही द्युतिमती होती है, पर जब वह होती है तो अत्यंत द्युतिमती दिखती है। वह इतनी द्युतिमती क्यों दिखती है? क्योंकि आंखे बहुत कम प्रदीप्ति की आदी हो गई हैं इसलिए चांदनी बहुत द्युतिमती दिखती है। वैसे वह इतनी द्युतिमती नहीं है कि सभी तारों को ढक पाए। लेकिन आकाश तो नीला

नहीं दिखता। इस तरह सूर्य के प्रकाश और चांदनी की इस तुलना से एक अद्‌भुत् तथ्य हमारे ध्यान में आता है। मानवीय दृष्टि का एक अत्यंत मूलभूत पक्ष यह है कि रंग को देख पाने के लिए दीप्ति का ऊंचा स्तर होना जरूरी है। आकाश नीला सिर्फ इसलिए है क्योंकि सूर्य का प्रकाश प्रखर है। जबकि चांदनी की प्रखरता बहुत कम है इसलिए आप रंग नहीं देख पाते। यह एक ऐसा सिद्धान्त है जिसे शायद उतने व्यापक रूप से समझा नहीं गया जितना समझा जाना चाहिए था। रंग सिर्फ प्रदीप्ति के उच्च स्तरों पर ही दिखता है। प्रदीपन जितना ही ज्यादा होगा, रंग उतने ही चमकीले होंगे। प्रदीप्ति के कम स्तरों पर, जैसे कि सूर्य के प्रकाश के दस लाखवें, पांचवें, या एक लाखवें भाग पर रंग की अनुभूति जाती रहती है। यह मानव दृष्टि का अत्यंत मूलभूत तथ्य है जो किसी और तरह से नहीं बल्कि केवल परिवीक्षण और विचार से स्पष्ट होता है। मैं इस तरह के अनेक उदाहरण दे सकता हूं। सबसे चमत्कारी उदाहरण शायद तारों या ऑरियॅन नेब्यूला जैसे पिंडों को छोटे टेलिस्कोपों से देखते हुए सामने आता है। मैं आपको बता दूं कि मेरा दृढ़ विश्वास है कि खगोलशास्त्र जैसा भव्य, उन्नायक और रोचक कोई और विज्ञान नहीं है। और हैरत की बात है कि बहुत से ऊंचे–ऊंचे लोगों ने कभी भी आकाश को टेलिस्कोप से नहीं देखा है। मैं उन्हें एक ऐसी बात बताना चाहता हूं जो बहुत ही अविश्वसनीय है : खगोलशास्त्र के तथ्यों से परिचित होने के लिए जरूरत है बस एक बढ़िया दूरबीन की। मैं सोचता हूं कि जो व्यक्ति आकाश को इस साधारण उपकरण – दूरबीन – से भी नहीं देखता, उसे पढ़ा–लिखा नहीं कहा जा सकता, क्योंकि वह जिस अद्‌भुत संसार में रहता है उसे जानने से चूक गया है। आप को इस पर निगाह जरूर डालनी चाहिए। आपको ज्यादा तो नहीं दिख पाएगा लेकिन जितना भी दिखेगा वह मनुष्य की आत्मा को ऊंचा उठाने के लिए और हमें यह महसूस कराने के लिए काफी है कि यह संसार कितना अद्‌भुत है।

मैं फिर नीले आकाश की समस्या पर लौटता हूं। मैं आपसे एक बहुत कठिन प्रश्न पूछना चाहता हूं – ऐसा क्यों होता है कि हम नीले रंग को सिर्फ तीव्र प्रदीप्ति में, सूर्य के प्रकाश में ही देख पाते हैं, चांदनी में नहीं? इस प्रश्न को ऐसा ही छोड़कर मैं फिर उसी पुराने प्रश्न पर लौटता हूं : आकाश नीला क्यों है? हम सभी जानते हैं कि सफेद प्रकाश वर्णक्रम (स्पेक्ट्रम) के सभी रंगों से मिल कर बना है। सफेद प्रकाश को अलग अलग रंगों में बांटिए, आप एक छोर से गहरे लाल से शुरू करते हैं, फिर हल्का लाल, नारंगी, पीला, हरा, नीला, बैंगनी.... .. इस तरह रंगों की पूरी शृंखला तैयार हो जाती है। जब मैं ऊपर आकाश में

देखता हूं तो मुझे सिर्फ नीला दिखता है; बाकी वर्णक्रम कहां गया? यह एक आधारभूत प्रश्न है। यह प्रश्न तब बहुत महत्वपूर्ण हो उठता है जब मैं यह कहता हूं कि सूर्य के प्रकाश को वर्णक्रम में फैलाने पर इसका नीला अंश तीव्रता में सबसे कम होता है। सूर्य के प्रकाश की भासुरता (चमकीलेपन) की पूरी ऊर्जा के एक बटा चालीसवें भाग से भी कम ऊर्जा वर्णक्रम के नीले रंग में गोचर होती है और यही एक बटा चालीसवां भाग हमें दिखता है। वर्णक्रम का शेष भाग आप नहीं देख पाते। वह बस गायब हो गया है। वह है ही नहीं। आप नीले आकाश में लाल या नीला या हरा रंग देखने की जी तोड़ कोशिश करें तो भी ऐसा कुछ नहीं दिखेगा। नीले रंग ने पूरे वर्णक्रम को आच्छादित कर लिया है। यह एक अद्भुत तथ्य है। कभी–कभी आकाश को देखने पर सफेद बादल दिखते हैं, जिन्हें कपासी मेघ कहा जाता है। वे बहुत बड़े–बड़े नहीं, बस छोटे–छोटे गुच्छे होते हैं। नीले आकाश पर फैले यह छोटे गुच्छे बहुत सुन्दर दृश्य रचते हैं। मैंने कुछ नहीं किया बस सिर्फ बादलों के इन गुच्छों और नीले आकाश को ताका है और बहुत सन्तोष पाया है। मजेदार बात यह है कि जब यह बादल घूमते हैं, एकदम तभी आकाश सब से ज्यादा नीला दिखता है। इसका अर्थ यह हुआ कि अपने निर्माण के दौरान इन कपासी बदलों ने शेष वायुमंडल को साफ कर दिया। वे धूल के कणों को बटोर कर उन्हें सफेद बादलों में सहेज लेते हैं। बाकी वातावरण साफ सुन्दर हो जाता है। तब चमकीले सफेद और सुन्दर नीले रंगों का यह संयोजन बहुत सुन्दर दृश्य रचता है, एकदम देवताओं के देखने लायक नज़ारा। लेकिन आप इसे देखने की जहमत नहीं उठाते क्योंकि यह बेहद आम बात है। आप शायद मुझ से पूछें कि सफाई की प्रक्रिया कैसे होती है? यह एक मजेदार किस्सा है। जब मैं युवा लोगों से पूछता हूं कि ''बादल क्या है?'' तो वे कहते हैं, ''अरे सर! वो तो वाष्प है।'' अक्सर ही आपको जवाब मिलेगा कि बादल वाष्प है, लेकिन ऐसी बात नहीं है, बादल में कण होते हैं और हमें जो सफेद बादलों के ढेर दिखते हैं वे दरअसल पानी की नन्ही बूंदें हैं। पानी भारी होता है लेकिन वह नीचे क्यों नहीं गिरता? उसे हम हवा में तैरता क्यों पाते हैं! अब देखिए यह एक और समस्या है। मैं पहले ही एक समस्या से दूसरी समस्या पर जा रहा हूं। हम खुद से पूछते हैं – बादल क्या है ? वह हवा में क्यों तैर रहा है? जैसे ही आप पूछते हैं कि आकाश नीला क्यों है? आप भौतिकी की कुछ सबसे गहरी समस्याओं में गहरे उतरते चले जाते हैं। अब मजेदार बात यह है कि धूल के कणों के बिना बादल नहीं हो सकते क्योंकि उन पर जम कर ही तो वे रूप पाते हैं।

वे छोटे हों या बड़े, किसी न किसी किस्म के कण होना जरूरी हैं। पढ़े लिखे लोगों के शब्दों में इन्हें ''केन्द्रक'' कहा जाता है। हवा में धूल न हो तो न बादल होंगे, न बारिश। आपने देखा न कि नीले आकाश से हम बादलों के उत्स और बारिश वगैरह पर आ गए हैं। बात से बात निकलती जाती है। यही विज्ञान का तत्व है। यह जहां भी आपको ले जाए, वहीं गहरे उतरते जाना चाहिए। यह नहीं हो सकता कि आप एक बिन्दु विशेष तक जाएं और उससे आगे न जाएं। जैसे ही आप एक सवाल पूछते हैं, दूसरा सवाल उठ खड़ा होता है और यह सिलसिला चलता चला जाता है। अन्ततः आप पाते हैं कि ''आकाश नीला क्यों है?'' का जवाब पाने से पहले आप विज्ञान का पूरे क्षेत्र की यात्रा कर चुकते हैं। तो मैंने आपको बादलों के बारे में यह तथ्य बताया। मुझे कहना चाहिए कि बादल वायुमंडल को साफ कर देता है। बादल बनता है और वायुमंडल को धूल के कणों और अन्य केन्द्रकों से तुलनात्मक रूप से मुक्त कर देता है, इसलिए आकाश नीला है। तो यूं हम समस्या के सही उत्तर के कुछ–कुछ निकट पहुंचते हैं। आकाश नीला है क्योंकि वायुमंडल साफ है और धूल तथा तमाम केन्द्रकों से मुक्त है। वायुमंडल जितना ही साफ होगा, आकाश उतना ही नीला दिखेगा, बशर्ते प्रकाश काफी हो। इस तरह आप उत्तर के कुछ और करीब आते हैं। आप क्या देख पाते हैं? सच यह है कि जब हम नीले आकाश को देखते हैं तो वास्तव में हम पृथ्वी का वायुमंडल देख रहे होते हैं, उस वायुमंडल की गैसें देखते हैं; जो प्रकाश को विसरित करती हैं और हम आकाश के नीले प्रकाश को देखते हैं। लेकिन हम अभी भी उत्तर से बहुत दूर हैं।

मैंने आपको बताया था कि नीला रंग सूर्य के प्रकाश का एक बटा चालीसवां अंश ही है। बाकी के प्रकाश, यानी सूर्य के प्रकाश का क्या हुआ? यही असली प्रश्न है। इस का उत्तर यूं दिया जा सकता है : आप सफेद बादल को देखें और नीले आकाश को देखें। आप एक जेबी स्पेक्ट्रोस्कोप (वर्णक्रममापी) की सहायता से इनकी तुलना करें तो आप पाएंगे कि बहुत–बहुत बारीकी से देखने पर ही नीले आकाश और सफेद बादल के वर्णक्रमों में अन्तर दिख पाएगा। निश्चित ही सफेद बादल ज्यादा चमकीला है। लेकिन जहां तक वर्णक्रम की बात है, नीले आकाश और सफेद बादल में एक ही वर्णक्रम दिखता है – जो लाल से शुरू होकर नीले तक पहुंचता है। लेकिन एक स्पेक्ट्रम में आपको सफेद दिखता है और दूसरे में नीला। बहुत परेशानी उठाकर जब आप बेहद सावधानी से देखते हैं; और पाते हैं कि उसकी सापेक्ष चमक में कुछ अन्तर तो है। आप लाल और पीले रंग को देख तो पाते हैं, किन्तु सापेक्ष रूप से वे उतने चमकीले नहीं होते।

याद रखिए, यह केवल मानसिक गणना है। आप चमकीलेपन के संबंध को आकाश के नीले हिस्से, वर्णक्रम के नीले हिस्से, और वर्णक्रम के बैंगनी और बाकी तमाम हिस्सों के संदर्भ में ही देखते हैं। नीले आकाश के बिखरे विसरित प्रकाश में लाल रंग की अपेक्षा पीला और हरा तथा नीला और बैंगनी रंग अधिक दिखाई देते हैं। अभी आप उत्तर से बहुत दूर हैं। यह तथ्य यह स्पष्ट नहीं करता कि हमें वर्णक्रम के बाकी रंग क्यों नहीं दिखते? दरअसल नीले आकाश में हरा, पीला और लाल फिर भी मौजूद हैं, और बहुत चमकीले भी हैं, शायद नीले जितने नहीं, शायद उससे चालीस गुणा भी नहीं बल्कि शायद दस गुणा चमकीले। तो फिर हम नीले को क्यों देख पाते हैं और बाकी को क्यों नहीं देख पाते? यहां फिर आपके सामने एक ऐसा सवाल टकराता है जिसका जवाब देना बेहद कठिन है। आकाश के प्रकाश में वर्णक्रम के नीले हिस्से का वास्तविक चमकीलापन फिर भी बाकी वर्णक्रम से बहुत कम है, लेकिन हम वर्णक्रम के उस हिस्से को नहीं देख पाते। यह बहुत सरल और आश्चर्यजनक है, लेकिन एक छोटा सा, सुन्दर प्रयोग है जो शायद किसी दिन इस समुदाय विज्ञान केन्द्र में दिखाया भी जाए और तब आप देख पाएंगे कि यह कोई अनोखी घटना नहीं है। मानव–दृष्टि का यह एक मूलभूत तथ्य है कि कुछ स्थितियों में अपनी दुर्बलता के बावजूद वर्णक्रम का नीला हिस्सा वर्णक्रम पर हावी रहता है और अपनी वास्तविक चमक के अनुपात में कहीं ज्यादा महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। अब मैं उस प्रयोग के बारे में बताता हूं। यह प्रयोग बहुत ही रोचक है – पानी में थोड़ा नीला थोथा (कॉपर सल्फेट) डालें और इसमें काफी सारा एमोनिया मिला दें। अब जो घोल तैयार हुआ उसे क्यूप्रामोनियम कहते हैं। अगर यह बहुत प्रबल हुआ तो यह सिर्फ गहरा बैंगनी प्रकाश प्रसारित करेगा। इसे एक सैल में डालिए। आप सैल में पानी बढ़ाते रहिए और ब्राइट लैम्प के रंग को देखते रहिए तो आप पाएंगे कि गहरा बैंगनी रंग नीले में बदला, नीला हल्के नीले में और यह क्रम चलता रहता है। लेकिन अंत तक यह नीला रहता है। प्रकाश के वर्णक्रम में यह घोल लाल प्रकाश, हरे प्रकाश को प्रसारित कर रहा है, लेकिन पीले प्रकाश को नहीं। वर्णक्रम से होकर बहुत सा प्रकाश आता है और अब भी नीला प्रकाश उस पूरे का बहुत छोटा हिस्सा है। वर्णक्रम से होकर जो भी प्रकाश आता है आप उसे नहीं देख पाते और आप किसी और रंग के आने की कल्पना तक नहीं कर पाते। इसका कारण यह है : अगर आप प्रसारित प्रकाश को स्पैक्ट्रोस्कोप से देखें तो आप पाएंगे कि क्यूप्रामोनियम के प्रभाव से वर्णक्रम का पीला हिस्सा गायब हो जाता है। यह वर्णक्रम के विस्तार के एक छोटे से हिस्से को सोख कर काट देता

है, लेकिन यह हिस्सा बहुत महत्वपूर्ण है, यह वर्णक्रम का पीला हिस्सा है। इस फिक्र में मत पड़िए कि यह पीले रंग को सोख कर रंगों को नियन्त्रित कैसे करता है? प्रकाश नीला इसलिए है क्योंकि पीला प्रकाश सोख लिया जाता है और नीला प्रकाश दृष्टिगोचर होता है। अगर आप पूरे वर्णक्रम को लेकर उसके पीले हिस्से की प्रखरता को कम कर दें तो आप तुरन्त देखेंगे कि वर्णक्रम का नीला हिस्सा हावी हो जाता है। यह भी एक बार फिर मानव दृष्टि से जुड़ा तथ्य है। अगर आप को किसी भी रंग को भड़कीला बनाना है तो आपको (उसमें से) पीला निकालना पड़ेगा। उदाहरण के लिए मान लीजिए कि मेरी शान में एक लाल गलीचा बिछाया गया है। उसे स्पैक्ट्रोस्कोप से देखें। मैं पहले से ही बता सकता हूं कि इसमें पीला रंग बिल्कुल भी नहीं होगा। लाल, हरा, या नीला, कोई भी रंग पाने के लिए पीले को हटाना ही होगा। पीला रंग बाकी तमाम रंगों का घोर दुश्मन है। हरी पत्ती को देखिए। सभी पत्तियां हरी हैं। क्लोरोफिल की मौजूदगी के कारण नहीं हैं – हालांकि इसमें कोई शक नहीं कि क्लोरोफिल बहुत प्रबलता से लाल रंग को सोखता है। लेकिन पत्तियों को हरे रंग का बनाने वाला असली घटक यह तथ्य है कि पीला रंग हटा दिया गया है। क्लोरोफिल पीले रंग को इतना सोख लेता है कि पीले की प्रबलता कम हो जाती है। मैंने इसका पता लगाने के लिए रेशमी कपड़ों की जांच की। बंगलौर रेशम उत्पादन में अव्वल है। मैंने ब्लाउज़ के पच्चीस–तीस कपड़े खरीदे। मैंने इस प्रस्तावना का सत्यापन करवाया कि सभी चमकीले रंग वर्णक्रम के पीले हिस्से को दबाए जाने की मांग करते हैं। धान के खेत को देखिए। अद्भुत सुन्दर दिखता है। धान के खेत को स्पैक्ट्रोस्कोप से देखिए।

यह नीले आकाश के वर्णक्रम सा ही दिखता है लेकिन सरसरी निगाह में नीले आकाश और धान के हरे खेत के बीच दिखने वाला एकमात्र अन्तर जो आप सचमुच देख पाते हैं वह यह है कि वर्णक्रम का नीला हिस्सा गायब है। यह तथाकथित कैरोटिनॉयड रंजकों की करतूत है जो विद्यमान हैं। बाकी वर्णक्रम करीब–करीब एक सा ही दिखता है। लेकिन अगर बहुत सावधानी से देखें तो धान के खेत के रंग में आप पीला नहीं पाएंगे। पीले को हटाया जाना बहुत जरूरी होता है, तभी आप पत्तियों को हरा देख पाएंगे। पीले का यह प्राधान्य आपको हमेशा दिखता है। इसके विपरीत, पीला हटा लिया जाए तो नीला हावी होता रहेगा। अगर आप पीले को न हटाएं तो पीला हावी है। दोनों एक दूसरे से विपरीत हैं और एक दूसरे के दुश्मन हैं। तथ्य यह है कि आप पूरे वर्णक्रम को दो हिस्सों में बांट सकते हैं – इसका भौतिक स्पष्टीकरण बहुत ही गहरा है (उसे

फिलहाल रहने ही दें)। विभाजन वहीं पर है जहां हरा–नीला खत्म होता है; हरे, पीले, नारंगी और लाल तक फैला वर्णक्रम का हिस्सा केवल पीला ही हुआ। वर्णक्रम का बाकी हिस्सा नीला हुआ। अब आप अगर एक को हटाते हैं तो दूसरा ही बाकी बचता है। यही आकाश के नीले रंग का असली स्पष्टीकरण है और यह बहुत महत्वपूर्ण है। आप वर्णक्रम के पीले रंग और हां, हरे और लाल रंगों की भी, प्रखरता को केवल कम कर देते हैं – एकदम खत्म नहीं, करते। वर्णक्रम के पीले का कम होना या यूं कहें कि नीले का प्राधान्य होना ही आकाश के नीले प्रकाश के लिए जिम्मेदार है। इसी बात को आगे बढ़ाते हुए यह भी कहा जा सकता है कि पीले का कम किया जाना ही आधारभूत तथ्य है। और यह कम क्यों होता है? तो यूं समस्या का दूसरा हिस्सा सामने आता है। मैं वहीं से बात शुरु करते हुए भी कह सकता था कि "आकाश नीला है क्यों?" और उत्तर देता कि "वायुमण्डल के अणुओं द्वारा प्रकाश के विसरण के कारण।" एक वाक्य में भाषण पूरा किया जा सकता था जैसे कि वनस्पति विज्ञानी से पूछे कि "यह हरा क्यों है?'' तो जवाब मिलता है "बस क्लोरोफिल (के कारण)" । यूं ही "आकाश नीला क्यों है ?" के जवाब में मैं कह सकता था "वायुमण्डल के अणुओं द्वारा प्रकाश के विसरण के कारण।" एक वाक्य में बात खत्म हो जाती। आप मुझ से पूछ सकते हैं कि "तो फिर जनाब यह सब भाषणबाजी किसलिए ?" इसलिए, मेरे युवा दोस्तों कि मैं चाहता हूं कि आप महसूस करें कि विज्ञान की चेतना चटपट छोटे उत्तर पाने में नहीं है। विज्ञान की आत्मा गहरे, और ज्यादा गहरे उतरने में है – और यही मैं अपने श्रोताओं के लिए स्पष्ट करना चाहता हूं। कभी भी छोटे और बने बनाए चटपटिया जवाबों से सन्तुष्ट मत होओ। उनसे कभी तृप्त नहीं होना चाहिए। जरूरी तो यह है कि आप अपने आसपास देखें और तरह–तरह के सवाल पूछें; समस्या को टटोलें, टोहें और टोहते रहें। धीरे–धीरे आप कुछ सत्य को ढूंढ पाएंगे, इसके अन्त तक आप कभी नहीं पहुंच पाते। जैसाकि मैंने आप को बताया था, अंत तो मनुष्य का मस्तिष्क है, लेकिन अभी वह बहुत दूर है। यही है विज्ञान की चेतना। मैं आप को एक उदाहरण देता हूं कि एक सरल प्रश्न के पीछे लग कर मैं आप से यूं बात करता रह सकता हूं जैसेकि मैने अपने भाषण के असली विषय "आकाश नीला क्यों है" की शुरुआत अभी–अभी की हो। "आकाश नीला इसलिए है क्योंकि आकाश के प्रकाश की प्रदीप्ति वायुमण्डल के अणुओं द्वारा प्रकाश के विसरण के कारण है।'' अब यह एक ऐसा अन्वेषण है जो कुछ धीरे–धीरे आया। इस स्पष्टीकरण को पहले पहल बयान करने वाले व्यक्ति थे स्वर्गीय लॉर्ड रैले।

मैं सोचता हूं कि सपने जीवन का सबसे बढ़िया हिस्सा होते हैं। यह अनुभूति नहीं बल्कि एक पूर्वानुमान है कि कल मैं एक अन्वेषण करने वाला हूं, यही चेतना विज्ञानी से मेहनत करवाती है फिर चाहे वह अन्वेषण कर पाए या नही, और इसी बात पर एक बार फिर मैं जोर देना चाहता हूं। विज्ञान वस्तुतः और पूर्णतः मानवीय चेतना का मामला है। कवि क्या करता है ? चित्रकार क्या करता है ? एक महान मूर्तिकार क्या करता है ? वह संगमरमर की एक शिला उठाता है और उसे छीलता है, छीलता ही चला जाता है और अंत में वह संगमरमर में अपना एक सपना उतार देता है। हम उसकी प्रशंसा करते हैं। लेकिन युवा दोस्तों जरा याद कीजिए कि संगमरमर की उस कृति को तैयार करने में कितना विराट और सघन परिश्रम लगा होगा। एक ऐसी चीज है जो सदा बनी रहेगी, जिसकी हम सदा प्रशंसा करेंगे, उसे साकार करने की आशा ने ही उससे यह तमाम काम करवाया। बुनियादी तौर पर मुझे नहीं लगता कि विज्ञानी द्वारा अपना जीवन विज्ञान की खोज में समर्पित करने में, और ज्ञान के खोजी तथा दूसरे क्षेत्रों में काम करने वाले लोगों द्वारा कुछ पाने के लिए अपना जीवन समर्पित करने की इच्छा में थोड़ा भी अंतर है। जीवन में सबसे महान् चीज उपलब्धि नहीं, बल्कि महान् चीज को उपलब्ध करने की कामना है। इसके लिए किया गया प्रयास ही आखिर सबसे बड़ा सन्तोष है। कुछ पाने की आशा में कुछ हासिल करने के लिए किया गया प्रयास ही जीवन को जीने लायक बनाता है और अगर आप ज्ञान की तलाश की अन्तःप्रेरणा का अनुभव नहीं कर पाते तो आप कभी विज्ञानी बनने की आशा भी नहीं कर सकते। आप शायद किसी विभाग में अच्छी भली तनख्वाह वाली ऐसी नौकरी पा जाएं जिसमें आपको महीने के महीने मिलने वाले चैक के इन्तजार के अलावा कुछ न करना पड़े, लेकिन यह विज्ञान् नहीं है। वैज्ञानिक व्यक्ति का असली काम है कुछ वास्तविक खोजना और ज्ञान प्राप्त करने की ओर अग्रसर होना।

यह सब कह लेने के बाद मैं फिर नीले आकाश की ओर लौटता हूं। अभी मैंने अपनी बात पूरी नहीं की है। और सच बात तो यह है कि मैंने अपना भाषण अभी शुरु ही किया है। हवा के अणु प्रकाश को आखिर क्यों विसरित करते हैं? जाहिर है इसका उत्तर है, जैसाकि मैंने आपको बताया, वर्णक्रम की दीर्घ तरंगें – मैं तरंग ऑप्टिक्स की भाषा इस्तेमाल कर रहा हूं – विसरित प्रकाश में लाल, पीले और हरे रंग की दीर्घ तरंगें कम बिखरती है, बाकी प्रबलता से बिखरती हैं, नतीजा यह होता है कि आंख इसे देखती है, उसे नहीं देखती। ऐसा होता क्यों है? जवाब एकदम साफ है। वायुमण्डल के अणु आकार में बहुत ही छोटे होते हैं,

प्रकाश के तरंग दैर्घ्य के पैमाने पर अविश्वसनीय रूप से छोटे। यह वैसी ही बात है कि जैसे आप एक बड़ी झील को देखें, जिसकी सतह पर लकड़ी या कॉर्क का एक टुकड़ा पड़ा है, हवा लहरों पर से बहती है और आप लकड़ी के टुकड़े को थरथराता देख पाते हैं। क्यों? क्योंकि लकड़ी के आकार और लहरों के आकार की तुलना की जा सकती है। लेकिन मान लीजिए अगर एक बड़ी नाव झील पर चल रही हो तो आप देखेंगे कि नाव उतना विचलित नहीं होती जितना कि लकड़ी या कॉर्क का टुकड़ा होता है। विक्षोभ के आकार और कण के आकार का सम्बन्ध ही लहरों के कण और कण के लहरों पर प्रभाव को तय करता है। यही वह आधारभूत सिद्धान्त है जिसके फलस्वरुप लघुतर तरंगों का विसरण प्राथमिकता के आधार पर होता है।

इसे प्रयोगशाला में आप कई प्रयोगों द्वारा दिखा सकते हैं। इसके लिए हवा के अणुओं की जरुरत नहीं पड़ती। आपको सिर्फ थोड़ा सा पानी चाहिए, जिसमें साबुन के छोटे टुकड़े जैसा पदार्थ डालिए। यही प्रयोग धुंए से भी किया जा सकता है; छोटे कण लघुतर तरंगों को प्राथमिकता के आधार पर विसरित करेंगे। लेकिन जब तक कण बेहद छोटे न हों तब तक असली गहरा नीला रंग नहीं मिल पाता। और जैसाकि मैं पहले ही बता चुका हूं, पर्याप्त प्रदीपन भी होना चाहिए। अगर प्रदीपन प्रबल न हुआ तो बहुत हल्के नीलेपन की ही अनुभूति हो पाएगी। अब मैं नीले आकाश के विसरण से अणुओं के अध्ययन पर आ गया हूं। वहीं से विषय की शुरुआत होती है और यह चलता चला जाता है। दरअसल मैंने विषय की शुरुआत 1901 में की थी। मैंने आपको जो बताया वह खासा सुज्ञात था, बस दृष्टि वाले हिस्से की जानकारी नहीं थी, जो कि मैंने आपको बताई है। यह मेरा एकदम हाल का काम है, लेकिन अणुओं वगैरह के बारे में मैंने जो बताया, 1921 में वह सब ज्ञात था। उस समय हम सोचते थे कि मामला यहीं खत्म हो गया। आज हम जानते हैं कि इस विषय में दृष्टि की इन्द्रिय और दृष्टि की गुणवत्ता की महत्वपूर्ण भूमिका होती है।

मेरे भाषण का विषय आकाश का नीला होना नहीं बल्कि जैसाकि अबतक आप सभी समझ चुके होंगे, विज्ञान की चेतना है। विज्ञान क्या है? और हम इस देश में विज्ञान की प्रगति की आशा कैसे कर सकते हैं? हम खुद को, अतीत के अपने पूर्वजों जैसा बनाने की कोशिश कैसे कर सकते हैं? यह है मेरे भाषण का असली शीर्षक। यह विषय को लटकाने के लिए खूंटी है। तो कहानी यहां से शुरु होती है। सवाल यह है कि प्रकाश अणुओं से कैसे अन्तर्क्रिया करता है और अणुओं के साथ क्या होता है और अणु क्या हैं वगैरह, वगैरह? विज्ञान कभी

रुकता नहीं। यह आगे बढ़ता रहता है। आप जितना ही ज्यादा खोजते हैं उतना ही और लगने लगता है कि खोजा जाना बाकी है। यही विज्ञान का आकर्षण है, शर्त यही है कि अपने से आगे दूसरे लोगों को देखकर आप बहुत ज्यादा परेशान न हों। उनकी चिन्ता मत कीजिए। असली बात यह है कि विज्ञान एक असमाप्य खोज है और हर नया अन्वेषण, अनुसंधान की नई राहें खोलता है। नए सवाल उठते हैं और नए जवाब मांगते हैं।

तो बात यह है कि मैं जो यह तमाम बातें कह रहा हूं, यह सब कैसे मौसम विज्ञान से जुड़ी हैं, इसके बारे में थोड़ा बहुत बताए बिना मैं यह भाषण नहीं दे सकता। लेकिन विषय में असली रुचि मौसमविज्ञान के अर्न्तगत बिल्कुल नहीं आती। विषय में असली रुचि है प्रकाश का विसरण जो वायु के अणुओं की मूल प्रकृति को समझने का हमारे पास आज मौजूद सबसे सशक्त औजार है। आप अणुओं को गिन सकते हैं। यह प्रयोग प्रयोगशाला में किया जा सकता है। यह एक ऐसा प्रयोग है जिसे विज्ञान के हर छात्र को देखना चाहिए। एक कांच की बोतल लें, एक फ्लास्क और एक कार्क लें और उस में से तमाम धूल निकाल कर प्रकाश का एक किरणपुंज गुजारें; प्रकाश सूर्य का हो या किसी और किस्म का, बस यह सुनिश्चित कर लें कि प्रकाश का किरणपुंज वायु से हो कर गुजरे। आप हवा को देख सकते हैं। यह पारदर्शी, रंगहीन गैस नहीं है; यह अदृश्य भी नहीं होती। आप हवा को इस प्रकाश के द्वारा दृष्टव्य बना सकते हैं। यह एक बहुत सरल प्रयोग है और विज्ञान के हर छात्र को अपने जीवन में कम से कम एक बार इसे अवश्य देखना चाहिए। आप हवा को देख सकते हैं। आप किसी भी गैस को देख सकते हैं। आप व्यष्टि कणों द्वारा विसरित किए गए प्रकाश की प्रबलता से किसी भी वाष्प को देख सकते हैं – और कण जितने ही ज्यादा होंगे विसरण उतना ही प्रबल होगा। विसरण की प्रबलता से आप सचमुच अणुओं की गिनती कर सकते हैं। मैंने गिनती शब्द का इस्तेमाल किया है, लेकिन यह एक, दो, तीन वाली गिनती नहीं है; कुछ अलग किस्म की गिनती है। जब मैं करैन्सी ऑफिस मे था तो वहां रुपए नहीं गिने जाते थे। वे थैले गिनते थे; थैले तोले जाते थे; माना जाता था कि हर थैले में दो हजार रुपये हैं – इतना विश्वास तो लोगों पर करना ही पड़ता था – फिर थैलों की संख्या को गुणा किया जाता था और पता चलता था एक करोड़ रुपये हैं। ऐसे ही वायुमण्डल के अणुओं की गणना की जाती है। यह बस एक तरह का अन्दाज़ा ही है। लेकिन इससे बड़ी बात यह है कि सिर्फ एक उपकरण से देखकर हम प्रकाश के बिखरने को सचमुच देख सकते हैं; कोई अणु लम्बा है या छोटा, वह गोलाकार है या चतुष्फलकीय और

ऐसी ही कई और बातें आप पता लगा सकते हैं। नीले आकाश का अध्ययन एक विराट क्षेत्र है, जिसमें अभी भी काम हो रहा है।

देखिए न, जितना ही गहरे आप उतरते हैं उतनी ही खोज बढ़ती चली जाती है। फिर सवाल उठता है प्रकाश के बारे में। अब वह सब मैं आपको नहीं बताऊंगा, क्योंकि जैसा कि मैंने कहा था, मेरा इरादा सीधे–सादे ढंग से यह दिखाने का था कि कोई सुपरिचित घटना कैसे भौतिकी और रसायन की गूढ़ समस्याओं से जुड़ी होती है। यह है वह पाठ जो हमने आज सीखा। विज्ञान की समस्याएं ढूंढने के लिए पाठ्य पुस्तकों को टटोलने की जरुरत नहीं है। बस आप अपनी आखें खुली रखिए, आप पाएंगे कि आप के आसपास की पूरी दुनिया में ऐसी समस्याएं खदबदा रही हैं जिन्हें हल किया जाना बाकी है; लेकिन आपमें उन्हें हल करने लायक तुरन्त बुद्धि और कुछ पा लेने तक उसमें जुटे रहने की मानसिक क्षमता होनी चाहिए। यह वह सबक है जो मैं अपने सामने मौजूद युवा पीढ़ी को समझाना चाहता हूं। इस सब का क्या फायदा है? यहां मैं फिर अपने जीवन के दर्शन पर जोर देना चाहूंगा – यह कभी न पूछना कि इस सबका क्या उपयोग होगा, क्या फायदा होगा? जैसाकि मैंने आपको पहले भी बताया, प्रयास करना ही असली बात है क्योंकि हममें परिवीक्षण और विचार की जन्मजात शक्तियां हैं जो इस्तेमाल करने के लिए हमें दी गई हैं – हमें इनका इस्तेमाल करना ही चाहिए। हम इन्हें जितना इस्तेमाल करेंगे, ये उतनी ही पैनी, उतनी ही प्रबल होती जाएंगी और अन्ततः इनसे ऐसा कुछ निकलेगा जिससे मानवता को लाभ होगा, विज्ञान को लाभ होगा। अन्ततः वैज्ञानिक ज्ञान का लक्ष्य मानव जीवन को लाभ पहुंचाना है। और यह मानव जीवन का लाभ अपने आप ही होता है क्योंकि जिन समस्याओं से हम चिन्तित होते हैं वह एकदम हमारे आसपास की ही होती हैं। वे हमारे आसपास की चीजों से जुड़ी होती हैं। जबतक हम अपने वातावरण से उभरी समस्या से जूझ रहे हैं तब तक यह नहीं कहा जा सकता कि यह काम बेकार है, निरर्थक है। सबसे महत्वपूर्ण, सबसे मूलभूत अनुसंधान पहली नजर में प्रकृति का संक्षिप्तीकरण अमूर्तीकरण (दखलन्दाजी) प्रतीत हो सकते हैं, किन्तु बाद में यही मनुष्य के जीवन और मानव की गतिविधियों को सबसे गहरे प्रभावित करने वाले होते हैं। यह बहुत दिलासा देने वाली बात है क्योंकि किसी को ऐसा नहीं सोचना चाहिए कि मूल्यवान होने के लिए, वैज्ञानिक कार्य को उपयोगी भी होना चाहिए। वैज्ञानिक कार्य मूल्यवान इसलिए होता है क्योंकि अन्ततः वह पूरे मानव जीवन और मानवीय गतिविधियों के लिए अपना मूल्य सिद्ध कर देगा। यही आधुनिक विज्ञान का इतिहास है।

विज्ञान ने हमारे आसपास की चीजों का संरूप बदल दिया है। विशेष रूप से उन वैज्ञानिकों ने जो ये या वो उत्पन्न करने के उद्देश्य से परिश्रम नहीं करते बल्कि ज्ञान की प्रगति की अभिलाषा से काम में जुटे रहते हैं, वही वैज्ञानिक मानवता के सबसे बड़े हितैषी सिद्ध होते हैं।

● ● ●